

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 905 754 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
31.03.1999 Patentblatt 1999/13

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **H01L 21/3105**, **H01L 21/321**,  
**H01L 21/311**, **H01L 21/3213**

(21) Anmeldenummer: 98115931.2

(22) Anmeldetag: 24.08.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU**  
**MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(71) Anmelder:  
**SEZ Semiconductor-Equipment**  
**Zubehör für die Halbleiterfertigung AG**  
**9500 Villach (AT)**

(30) Priorität: 30.09.1997 AT 1658/97

(72) Erfinder:  
• **Kruwinus, Hans-Jürgen, Dipl.-Ing.**  
**9551 Bodensdorf (Kärnten) (AT)**  
• **Sellmer, Reinhard, Dipl.-Ing. (FH)**  
**9500 Villach (Kärnten) (AT)**

### (54) Verfahren zum Planarisieren

(57) Bei einem Verfahren zum Planarisieren von Halbleitersubstraten, bei dem eine Schicht, die auf ein Gräben und/oder Kontaktlöcher aufweisendes Halbleitersubstrat aufgetragen worden ist, derart entfernt wird, daß die Schicht ausschließlich im Bereich der Gräben oder Kontaktlöcher zurückbleibt, wird, statt wie im Stand der Technik, das Ätzmedium tropfenweise aufgebracht, das Ätzmedium in einem kontinuierlichen Strom mit einer Strömungsrate von wenigstens 0,4 l/min aufgebracht, so daß das Ätzmedium die gesamte Oberfläche des zu planarisierenden Halbleitersubstrates bedeckt. Durch diese Arbeitstechnik entsteht eine differenzierte Ätzrate, Ätzgeschwindigkeit im Bereich der Felder zwischen den Gräben oder Kontaktlöchern größer ist als im Bereich der Gräben selbst, so daß im Ergebnis die auf das Halbleitersubstrat aufgetragene Beschichtung rascher weggeätzt wird, als im Bereich der Gräben und schließlich Material nur im Bereich der Gräben oder Kontaktlöcher zurückbleibt.

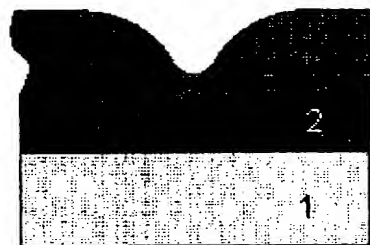


Fig. 2b



Fig. 2c

1µm

EP 0 905 754 A2

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Planarisieren von Substraten der Halbleitertechnik durch Entfernen einer Schichte, die aus Metall, z.B. Kupfer oder Aluminium, oder aus einem anderen Stoff, wie polykristallinem Silizium, polykristallinen Siliziden oder Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) bestehen kann, von Substraten der Halbleitertechnik.

[0002] Insbesondere bezieht sich das erfindungsgemäße Verfahren darauf, die genannte Beschichtung durch Planarisieren so abzutragen, daß die Schichte auf der Oberfläche des Halbleitersubstrates abgetragen, aber in Gräben oder Kontaktlöchern, die im Halbleitersubstrat vorgesehen sind, verbleibt, so daß dort Leiterbahnen oder isolierende Bahnen entstehen.

[0003] Das erfindungsgemäße Verfahren soll ohne vorhergehenden (mechanischen) Polierschritt in einem Schritt mit Hilfe eines flüssigen Ätzmediums ausgeführt werden können.

[0004] Aus der US 5 486 234 A ist ein Verfahren zum Entfernen von Metall, das sich einerseits auf der Oberfläche eines Substrates und andererseits in Gräben oder Kontaktlöchern in dem Substrat befindet, bekannt.

[0005] In den Fig. 1a bis 1d ist das aus der US 5 486 234 A bekannte Verfahren anhand eines schematischen Schnittes durch ein Halbleitersubstrat wiedergegeben. Fig. 1a zeigt ein Halbleitersubstrat 1, auf dem eine Isolatorschicht 2 (z.B. eine Schicht aus Siliziumdioxid,  $\text{SiO}_2$ ) aufgebracht ist, in die mittels Lithografie Gräben geätzt worden sind, die später Leiterbahnen darstellen sollen. Auf diese Isolatorschicht 2 wird eine nicht dargestellte dünne Sperrschicht, z.B. aus Titan aufgebracht. Auf diese Sperrschicht wird anschließend eine Metallschicht 3 aufgebracht. Das Aufbringen der Metallschicht 3 (siehe Fig. 1b) kann durch Elektroplattieren erfolgen. Die Oberfläche 4 der Metallschicht 3 zeigt Gräben 5, die bekannt sind, obwohl sie in Fig. 3 der US 5 486 234 A nicht dargestellt sind. Wird ein gleichmäßig wirkendes Ätzen angewendet, würden diese Gräben tiefer werden, so daß es nicht möglich ist, das angestrebte Endergebnis (Fig. 1d) zu erzielen, indem man das in Fig. 1b dargestellte Substrat einem gleichmäßigen Ätzverfahren unterwirft. Das bisher bekannte Metallätzverfahren (Sprühen, Auftropfen von Ätzmedien auf die Oberfläche eines rotierenden Halbleitersubstrates (Wafer) macht vielmehr einen Zwischenschritt erforderlich, um das meiste Metall der auf die Sperrschicht aufgetragenen Metallage 3 zu entfernen. Um sicherzustellen, daß noch vor dem Beginn des Ätzens eine ebene Oberfläche 6, wie sie in Fig. 1c dargestellt ist, vorliegt. Dieses Polieren (Einebnen) kann gemäß dem Vorschlag der US 5 486 234 A ein Elektropolieren sein.

[0006] Ein weiterer Nachteil des bekannten Sprüh- und Tropfenätzens ist es, daß nur niedrige Ätzraten (0,02 bis 1,34  $\mu\text{m}/\text{min}$ ) erreicht werden. Um hier mit vernünftigen Zeiten zu einem gewünschten Ergebnis zu kommen, ist es notwendig, einen Großteil des Metalls

der Schicht 3 durch andere Verfahren (z.B. Elektropolieren) zu entfernen.

[0007] In der EP 0 223 920 B1 werden Plasmaätzen oder reaktives Ionenätzen mit Planarisierungsmitteln (z.B. SOG = spin on glass) als Planarisierungsmethode beschrieben. Insbesondere wird in der EP 0 223 920 B1 das an sich bekannte Verfahren des chemisch mechanischen Polierens als Verfahren zum Planarisieren vorgeschlagen.

[0008] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren für das Herstellen von Leiterbahnen oder Isolatorbahnen in einem Substrat der Halbleitertechnik soll ein Verfahren zur Verfügung gestellt werden, bei dem das beispielsweise durch Elektroplattieren aufgetragene Metall oder ein anderes Material, das nach dem Auftragen eine nicht ebene Oberfläche und insbesondere im Bereich von Gräben Vertiefungen bildet, durch einen einzigen Naßätzvorgang so entfernt werden, daß das Metall oder der andere Stoff von den Feldern vollständig, also bis zur Isolatorschicht 2 entfernt wird, in den Gräben oder den Kontaktlöchern aber nur so weit entfernt wird, daß eine im wesentlichen ebene Oberfläche entsteht.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0010] Bevorzugte und vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0011] Mit der Erfindung ist es möglich, unterschiedliche Ätzraten über dem Feld 3a und über mit der Schicht 3 gefüllten Gräben 3b in der Isolatorschicht 2 zu gewährleisten, so daß ein rein naßchemisches Verfahren zur Verfügung gestellt wird, das zum Planarisieren geeignet ist.

[0012] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird erreicht, daß die Ätzrate bezüglich des Stoffes (Metall oder anderer Stoff) im Bereich der Felder zwischen den Gräben oder Kontaktlöchern wesentlich höher ist als die Ätzrate über den Gräben oder den Kontaktlöchern.

[0013] Von Vorteil ist dabei, daß das erfindungsgemäße Verfahren sehr einfach ausgeführt werden kann, da die Ätzflüssigkeit einfach in einen kontinuierlichen Fluß auf die Oberfläche des in Rotation versetzten Substrates der Halbleitertechnik (Wafer) gegossen werden braucht.

[0014] Vorteilhaft ist dabei, wenn das Ätzmedium mit einem Volumenstrom von über 0,4 l/min aufgebracht wird.

[0015] Wichtig ist es, daß auf der Oberfläche des Halbleitersubstrates keine Tropfenbildung auftritt, da diese zu einem unerwünschten Gleichmäßigätzen führen würde und die angestrebte Vergleichmäßigung (Planarisierung) der Oberfläche des Halbleitersubstrates verhindern würde.

[0016] Es ist überraschend, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die unterschiedlichen Ätzraten so erreicht werden, daß ein Planarisieren der Oberfläche bewirkt wird. Grund hierfür dürfte der Umstand sein, daß

sich unmittelbar über der Oberfläche des Substrates eine Schicht ausbildet, in der das in einem kontinuierlichen Strom aufgebrauchte Ätzmedium durch Reibung und Viskosität gegenüber dem Substrat nahezu stillsteht, und daß der Austausch der Reaktanten (Ätzmittel) einerseits und Ätzprodukte durch diese stillstehende Schicht andererseits nur langsam erfolgt, so daß in den tieferen Bereichen (also im Bereich von Gräben oder Kontaktlöchern) wegen der durch den längeren Diffusionsweg bedingten längeren Diffusionszeit und damit geringeren Ätzrate zum Abtragen langsam erfolgt als in den weniger tiefen Bereichen der stillstehenden Schichte, da dort der Stoffaustausch wesentlich rascher und mit weniger Zeitaufwand erfolgt. Am Beispiel des Ätzens von Kupfer mit Salpetersäure bedeutet dies, daß die Nitrationen ( $\text{NO}_3^+$ ), die an der Grenzfläche Ätzmedium-Kupfer verbraucht werden, nun durch Diffusion durch die sich nicht oder nur wenig bewegende, unmittelbar an die Grenzfläche angrenzende Schicht des Ätzmediums ersetzt werden können. Weiters wird im Fall des Beispiels Ätzen von Kupfer mit Salpetersäure im Bereich der unmittelbar über der Grenzfläche liegenden Ätzmediumschichte eine hohe Anreicherung von Wasserstoff, Kupferionen und  $\text{NO}_x$ -Verbindungen auftreten, die ebenfalls die Ätzgeschwindigkeiten im Sinne einer Verringerung beeinflussen.

[0017] Je länger es dauert, bis diese Reaktionsprodukte aus der unmittelbar an die Grenzfläche anschließenden Schicht des Ätzmediums hindusdiffundieren und durch die oberen, sich bewegenden Bereiche abtransportiert werden, desto kleiner ist die Ätzrate im Bereich der Gräben als in dem Bereich der Stege bzw. Felder zwischen den Gräben.

[0018] Somit wird, wie dies in den Fig. 2a bis 2c gezeigt ist, erreicht, daß ausgehend von einem mit einer Beschichtung 3 versehenen Substrat 1, auf dem eine Isolatorschicht 2 aufgebracht ist, auf der noch eine Sperrschicht (nicht gezeigt) vorliegen kann, in einem einzigen Schritt eine Planarisierung erreicht wird, so daß das Material der Beschichtung 3 im Bereich 3a der Felder zwischen den Gräben zur Gänze abgetragen, im Bereich 3b der Gräben aber (wegen der dort kleineren Ätzrate - längerer Diffusionsweg!) im wesentlichen eben zurückbleibt und diese Gräben ausfüllt, um Leiterbahnen oder Isolatorbahnen zu bilden.

[0019] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren können sich in den Gräben außer Metallen, wie beispielsweise Kupfer oder Aluminium, auch polykristallines Silizium und polykristalline Silizide (wie beispielsweise Wolframsilizid) oder auch Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) als Beschichtung 3 befinden. Ist die Beschichtung  $\text{SiO}_2$ , dann besteht die Schicht 2, in der die Gräben vorgesehen sind, bevorzugt und vor allem aus Silizium.

[0020] Es versteht sich, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren solche Ätzmittel verwendet werden, die bezüglich des als Beschichtung 3 bildenden Materials eine Ätzwirkung entfalten.

[0021] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird

also so gearbeitet, daß das Ätzmittel (eine Flüssigkeit) in einem kontinuierlichen Volumenstrom aufgebracht wird, der die gesamte zu bearbeitende Oberfläche des Halbleitersubstrates bedeckt und entlang dieser strömt, was dadurch erreicht wird, daß das Halbleitersubstrat in Rotation versetzt wird.

[0022] Dadurch, daß bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht wie im Stand der Technik mit aufgesprühten oder tropfenweise aufgebrauchten Ätzflüssigkeiten gearbeitet, sondern die Ätzflüssigkeit in einem kontinuierlichen Volumenstrom vorzugsweise mit einer Strömungsrate von nicht unter 1 l/min, aber über 0,4 l/min auf das Substrat aufgebracht wird, ist das Wiedergewinnen und Wiederverwerten der Ätzflüssigkeit, gegebenenfalls nach einer Aufbereitung derselben, mit besonderem Vorteil durchführbar, da mehr Volumen zur Handhabung beim Durchführen der Ätzflüssigkeit in einem Kreislauf, in dem sie wieder aufbereitet wird, zur Verfügung steht.

[0023] Besonders vorteilhaft hat es sich beim erfindungsgemäßen Verfahren herausgestellt, wenn die Düse relativ zu der Drehachse des sich drehenden Substrates nicht stillsteht sondern sich gegenüber dieser bewegt. Dabei sind Bewegungsbahnen der Düse, aus welcher der Volumenstrom an Ätzflüssigkeit austritt, die sich entlang eines Durchmessers oder einer Sekante bezüglich des Substrates bewegen, von besonderem Vorteil. Bei praktischen Versuchen hat sich herausgestellt, daß eine Düsenbahn, die sich mit geringem Abstand vom Rotationszentrum des zu planarisierenden Substrates vorbeibewegt, also den Volumenstrom der Ätzflüssigkeit bezüglich des Außenumfangsrandes entlang einer Sekante bewegt, besonders gute Ergebnisse liefert. Dabei hat es sich auch als günstig erwiesen, wenn die Bewegung der Düse und damit die Bewegung des aus ihr austretenden Volumenstromes an Ätzflüssigkeit relativ zu dem sich drehenden Substrat mit größerer Geschwindigkeit erfolgt.

[0024] Wenn der Volumenstrom relativ zu dem sich drehenden Substrat entlang einer Bahn bewegt wird, also der Bereich, in dem die Ätzflüssigkeit auf das rotierende Substrat auftritt, die im wesentlichen einer Sekante entspricht, dann ergibt sich der Vorteil, daß im Rotationszentrum keine ruhende Flüssigkeitsmenge vorliegt, sondern sich die Schichte oder der Film aus Ätzflüssigkeit gleichmäßig über die gesamte Oberfläche bewegt und über die Oberfläche entlangströmt.

[0025] Als besonders vorteilhaft beim der Ätzen von Metallen (z.B. Kupfer) zeigt sich die Verwendung spezieller Ätzmischungen, die es ermöglichen in nur einem Ätzschritt das auf dem Feld befindliche Material 3a, den oberen Teil des im Graben befindlichen Materials 3b und den auf dem Feld befindlichen Teil 7a der Sperrschicht (Fig. 3a-4d) zu entfernen. Die Ätzmischung besteht neben dem Lösungsmittel (Wasser) aus zwei Komponenten A und B.

[0026] Komponente A ist ein Oxidationsmittel (z.B. Salpetersäure, Kalium-Bichromat, Chromschwefel-

säure, Ammonium- oder Natrium-Persulfat). Ammonium- oder Natrium-Persulfat sind besonders gut geeignet.

[0027] Komponente B ist eine Säure oder ein Salz mit der bzw. mit dem das oxidierte Material der Sperrschicht ein (leicht) lösliches Salz oder einen (leicht) löslichen Komplex bildet (z.B. eine Halogenwasserstoffsäure (z.B. Flußsäure), Oxalsäure). Besonders gut geeignet ist Flußsäure.

[0028] Zusätzlich ergibt die Beimengung einer Komponente C eine wesentliche Vergleichmäßigung des Ätzergebnisses. Dieser Zusatz (Komponente C) verringert die Ätzgeschwindigkeit (bei sonst gleicher Konzentration der Komponenten A, B und gleicher Temperatur) und vergleichmäßigt so das Ergebnis. Die Komponente C verringert die Dielektrizität der Ätzlösung. Hierfür geeignet sind ein- oder mehrwertige Alkohole oder deren Derivate (z.B. Methanol, Ethanol, Isopropanol, Glykol, Glycerin, Essigsäure-Ethylester, Polyethylenglyol). Besonders geeignet hierfür sind mehrwertige Alkohole oder deren Derivate (z.B. Glykol, Glycerin, Polyethylenglyol).

[0029] Die Wirkung dieser Ätzmischungen sei anhand der Figuren 3a-d bzw. 4a-d für das Herstellen von Leiterbahnen beschrieben, die einen schematischen Querschnitt eines Halbleitersubstrates darstellen.

[0030] In der Isolatorschicht 2, die z.B. aus  $\text{SiO}_2$  besteht, ist in einer Vertiefung (Graben oder Kontaktloch) und auf dem Feld zuerst eine ca. 10 nm dicke Sperrschicht 7a, 7b (z.B. Titan, Tantal, Titannitrid, Tantalnitrid oder Chrom) und darauf eine Schicht 3a, 3b eines gut leitenden Metalls (z.B. Kupfer) aufgetragen (Fig. 3a, 4a). In Fig. 4a ist die Schicht 3a des gut leitenden Metall etwas dicker. Der Grund dafür kann z.B. ein unregelmäßiger Auftrag der Metallschicht auf einem Halbleitersubstrat (Wafer) sein.

[0031] Nach fortgeschrittenem Ätzen (Fig. 3b, 4b) wird bei bestimmten Bereichen des Halbleitersubstrates (Wafers) bereits die auf dem Feld befindliche Sperrschicht 7a freigelegt (Fig. 3b) während bei anderen Bereichen noch das Ätzen der Metallschicht 3a und des oberen Teil des Bereiches 3b stattfindet.

[0032] In verblüffender Weise zeigte sich nun, daß in dem Moment in dem ein Angriff auf die Sperrschicht 7a beginnt die Metallschicht 3b kaum mehr angegriffen wird.

[0033] Bei weiterem Angriff des Ätzmediums (Fig. 3c, 4c) ist bei bestimmten Bereichen des Halbleitersubstrates (Wafers) die auf dem Feld befindliche Sperrschicht entfernt und bereits das Feld freigelegt (Fig. 3c), während bei anderen Bereichen erst die auf dem Feld befindliche Sperrschicht 7a freigelegt wird (Fig. 4c).

[0034] Die Anwendung der erfindungsgemäßen Ätzmittel kann mit jedem Naßätzverfahren erfolgen, d.h. nicht nur mit dem Rotationsätzverfahren sondern z.B. auch im Ätzbad.

[0035] Nachstehend werden einige Beispiele für das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungs-

gemäßen Ätzmittel angegeben:

Beispiel 1:

[0036]

Material 3 im Graben: Kupfer

Material 2, in das der Graben geätzt wurde:  $\text{SiO}_2$

Breite des Grabens unter  $1\text{ }\mu\text{m}$  ( $1,0\text{ }\mu\text{m}$ )

Tiefe des Grabens: 0,1 bis  $1,0\text{ }\mu\text{m}$  ( $0,3\text{ }\mu\text{m}$ )

Dicke der Schicht 3a über dem Feld:  $< 1\text{ }\mu\text{m}$  ( $0,5\text{ }\mu\text{m}$ )

Ätzmittel: 20 Vol.-Teile  $\text{H}_3\text{PO}_4$  konzentriert,  
1 Vol.-Teil  $\text{HNO}_3$  konzentriert,  
1 Vol.-Teil Wasser,  
zusätzlich etwas Netzmittel

Drehzahl: 300 bis 3000 U/min

Volumenstrom des Ätzmittels: 1 l/min

Temperatur: Raumtemperatur bis  $50^\circ\text{C}$

Ätzrate: 1 bis  $10\text{ }\mu\text{m/min}$

Beispiel 2:

[0037]

Material 3 im Graben: Aluminium

Material 2, in das der Graben geätzt wurde:  $\text{SiO}_2$

Breite des Grabens:  $< 2\text{ }\mu\text{m}$  ( $1,0\text{ }\mu\text{m}$ )

Tiefe des Grabens: 0,1 bis  $1,0\text{ }\mu\text{m}$  ( $0,5\text{ }\mu\text{m}$ )

Dicke der Materialschicht 3a am Feld:  $< 1\text{ }\mu\text{m}$  ( $0,5\text{ }\mu\text{m}$ )

Ätzmittel: 20 Vol.-Teile  $\text{H}_3\text{PO}_4$  konzentriert,  
1 Vol.-Teil  $\text{HNO}_3$  konzentriert,  
1 Vol.-Teil  $\text{H}_2\text{O}$  konzentriert,  
0,5 Vol.-Teile  $\text{HCl}$  konzentriert,  
0,5 Vol.-Teile einer organischen  
Säure, bevorzugt ei  
ne kurzkettige, aliphatische Säure,  
wie Essigsäure)  
0,5 Vol.-Teile eines Alkohols (bevorzugt ein kurzkettiger Alkohol, wie Ethanol) und Netzmittel

Drehzahl: 100 bis 3000 U/min

Volumenstrom des Ätzmittels: 1 l/min

Temperatur: Raumtemperatur bis  $50^\circ\text{C}$

Ätzrate: 1 bis  $10\text{ }\mu\text{m/min}$

Beispiel 3:

[0038]

Material 3 im Graben:

polykristallines Silizium oder ein polykristallines  
Silizid von Wolfram, Titan, Platin oder Gold

Material, in das der Graben geätzt wurde: Silizium

Breite des Grabens: 1  $\mu\text{m}$

Tiefe des Grabens: 0,1 bis 1,0  $\mu\text{m}$

Dicke der Materialschicht 3a am Feld: 1  $\mu\text{m}$

Ätzmittel: konzentrierte Flußsäure und konzentrierte Salpetersäure als Hauptbestandteil und zusätzlich eine organische Säure ähnlich Beispiel 2, konzentrierte Phosphorsäure und konzentrierte Schwefelsäure als zusätzliche Bestandteile des Ätzmittels

Drehzahl: 100 bis 3000 U/min

Volumenstrom: 1 l/min

Temperatur: Raumtemperatur bis 50°C

Ätzrate: 1 bis 4  $\mu\text{m}/\text{min}$

Beispiel 4:

[0039]

Material 3b im Graben:  $\text{SiO}_2$

Material, in das der Graben geätzt wurde: Silizium

Breite des Grabens: 1  $\mu\text{m}$  (1  $\mu\text{m}$ )

Tiefe des Grabens: 0,1 bis 1,0  $\mu\text{m}$

Dicke der Materialschicht 3a am Feld: 1  $\mu\text{m}$

Ätzmittel: Hauptbestandteile: Konzentrierte Flußsäure oder eine konzentrierte Ammoniumfluorid ( $\text{NH}_4\text{F}$ )-Lösung, sowie Phosphorsäure und/oder Polyethylenglykol als viskositäts erhöhende Zusätze

Drehzahl: 100 bis 3000 U/min

Volumenstrom des Ätzmittels: 1 l/min

Temperatur: Raumtemperatur bis 50°C

Ätzrate: 1 bis 10  $\mu\text{m}/\text{min}$

Beispiel 5:

[0040]

Material 3 im Graben: Kupfer

Sperrschicht 7: Tantalnitrid

Material 2, in das der Graben geätzt wurde:  $\text{SiO}_2$

Breite des Grabens < 1  $\mu\text{m}$  (0,5  $\mu\text{m}$ )

Tiefe des Grabens: 0,1 bis 1,0  $\mu\text{m}$  (0,2  $\mu\text{m}$ )

Dicke der Schicht 3a über dem Feld: < 1  $\mu\text{m}$  (0,5  $\mu\text{m}$ )

Ätzmittel: 2 Vol.-Teile  $\text{Na}_2\text{SO}_5$ -Lösung (50%-ig)(Komponente A), 0,5 Vol.-Teile HF konzentriert (Komponente B),

8 Vol.-Teile Wasser,

Drehzahl: 300 bis 3000 U/min

Volumenstrom des Ätzmittels: 1 l/min

Temperatur: Raumtemperatur

Ätzrate: 1  $\mu\text{m}/\text{min}$

Beispiel 6:

[0041]

Material 3 im Graben: Kupfer

Sperrschicht 7: Tantalnitrid

Material 2, in das der Graben geätzt wurde:  $\text{SiO}_2$

Breite des Grabens < 1  $\mu\text{m}$  (0,5  $\mu\text{m}$ )

Tiefe des Grabens: 0,1 bis 1,0  $\mu\text{m}$  (0,2  $\mu\text{m}$ )

Dicke der Schicht 3a über dem Feld: < 1  $\mu\text{m}$  (0,5  $\mu\text{m}$ )

Ätzmittel: 2 Vol.-Teile  $\text{Na}_2\text{SO}_5$ -Lösung (50%-ig)(Komponente A), 0,5 Vol.-Teile HF konzentriert (Komponente B), 1,5 Vol.-Teile Glycerin (Komponente C), 8 Vol.-Teile Wasser,

Drehzahl: 300 bis 3000 U/min

Volumenstrom des Ätzmittels: 1 l/min

Temperatur: Raumtemperatur

Ätzrate: 0,5  $\mu\text{m}/\text{min}$

[0042] Die Ausführungsbeispiele zeigen, daß für das Planarisieren, also den Übergang von der in Fig. 2b dargestellten Konfiguration in die in Fig. 2c dargestellte Konfiguration, in der die Beschichtung ausschließlich im Graben vorhanden ist, ein rein naßchemisches Verfahren ausreicht. Zwar ist die Planarität, wie Fig. 2c zeigt, nach Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht vollkommen, da das Material 3 im Graben in der Schicht 2 eine geringfügig konkave Oberfläche aufweist. Jedoch ist die Planarität für die angestrebten Zwecke der Halbleitertechnik, nämlich als Leiter oder Isolatorbahnen zu dienen (je nach dem Material 3 im Graben) völlig hinreichend.

[0043] Zusammenfassend kann ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wie folgt dargestellt werden:

[0044] Bei einem Verfahren zum Planarisieren von Halbleitersubstraten, bei dem eine Schicht, die auf ein Gräben und/oder Kontaktlöcher aufweisendes Halbleitersubstrat aufgetragen worden ist, derart entfernt wird, daß die Schicht ausschließlich im Bereich der Gräben oder Kontaktlöcher zurückbleibt, wird, statt wie im Stand der Technik, das Ätzmedium tropfenweise aufgebracht, das Ätzmedium in einem kontinuierlichen Strom mit einer Strömungsrate von wenigstens 0,4 l/min aufgebracht, so daß das Ätzmedium die gesamte Oberfläche des zu planarisierenden Halbleitersubstrates bedeckt.

Durch diese Arbeitstechnik entsteht eine differenzierte Ätzrate, wobei die Ätzgeschwindigkeit im Bereich der Felder zwischen den Gräben oder Kontaktlöchern größer ist als im Bereich der Gräben selbst, so daß im Ergebnis die auf das Halbleitersubstrat aufgetragene Beschichtung rascher weggeätzt wird, als im Bereich der Gräben und schließlich Material nur im Bereich der Gräben oder Kontaktlöcher zurückbleibt.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Planarisieren von Substraten der Halbleitertechnik, bei dem eine Beschichtung von einer Fläche des Substrates so weit entfernt wird, daß die Beschichtung ausschließlich im Bereich von wenigstens einem Graben und/oder wenigstens einem Kontaktloch in dem Substrat zurückbleibt, mit Hilfe eines Ätzmittels, wobei das Halbleitersubstrat in Rotation versetzt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmittel in einem kontinuierlichen Volumenstrom auf die zu planarisierende Oberfläche aufgetragen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmittel mit einer Strömungsgeschwindigkeit von wenigstens 0,4 l/min, vorzugsweise mit einer Strömungsrate von 1 l/min, aufgetragen wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ätzmittel verwendet wird, das einen seine Viskosität erhöhenden Zusatz enthält.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch Planarisieren eine Schicht aus einem Metall entfernt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Planarisieren eine Schicht aus polykristallinem Silizium entfernt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Planarisieren eine Schicht aus einem polykristallinem Silizid, vornehmlich einem Silizid von Wolfram, Titan, Platin oder Gold entfernt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß durch das Planarisieren eine Schicht aus Siliziumdioxid entfernt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ätzmittel verwendet wird, das Salpetersäure enthält.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekenn-

zeichnet, daß ein Ätzmittel verwendet wird, das eine weitere Säure enthält.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ätzmittel verwendet wird, das Flußsäure oder Ammoniumfluorid enthält.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ätzmittel verwendet wird, das als viskositätserhöhenden Zusatz Phosphorsäure, vorzugsweise o-Phosphorsäure und/oder Polyethylenglykol enthält.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ätzmittel verwendet wird, das ein Netzmittel enthält.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Netzmittel eine vorzugsweise niedrigkettige, aliphatische Carbonsäure, wie beispielsweise Essigsäure, ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein Ätzmittel verwendet wird, das einen Alkohol, vorzugsweise einen niedrigen, aliphatischen Alkohol, wie Ethanol enthält.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der kontinuierliche Volumenstrom des Ätzmittels beim Planarisieren relativ zu dem sich drehenden Substrat bewegt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenstrom längs einer Bahn relativ zu dem sich drehenden Substrat bewegt wird, die durch den Rotationsmittelpunkt geht.

17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenstrom längs einer Bahn bewegt wird, die im Abstand von dem Rotationsmittelpunkt des Substrates beim Planarisieren verläuft.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahn des Volumenstroms eine gerade Bahn ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Bahn des Volumenstroms eine gekrümmte Bahn ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzflüssigkeit, nachdem sie vom Substrat abgeströmt ist, gesammelt und gegebenenfalls nach einer Wiederaufbereitung erneut zum Planarisieren rezykliert wird.

21. Wäßrige Ätzlösung zum Planarisieren von Substraten der Halbleitertechnik, bei dem eine Beschichtung, bestehend aus einer Sperrschicht und einer Metallschicht darauf, von einer Fläche des Substrates so weit entfernt wird, daß die Beschichtung ausschließlich im Bereich von wenigstens einem Graben und/oder wenigstens einem Kontaktloch in dem Substrat zurückbleibt, insbesondere zur Anwendung beim Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20 dadurch gekennzeichnet, daß die Ätzlösung wenigstens zwei Komponenten A und B enthält, daß die Komponente A ein Oxidationsmittel ist, das fähig ist sowohl die Metallschicht als auch die Sperrschicht zu oxidieren und die Komponente B fähig ist mit den Oxidationsprodukten der oxidierten Sperrschicht ein leicht lösliches Salz und/oder einen leicht löslichen Komplex zu bilden.
- oder ein Derivat derselben ist.
22. Ätzlösung nach Anspruch 21 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente A ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Salpetersäure, Alkali-Bichromat, Chromschwefelsäure, Ammonium-Persulfat, Alkali-Persulfat, Ammonium-Peroxodisulfat, Alkali-Peroxodisulfat.
23. Ätzlösung nach Anspruch 22 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente A Ammonium- oder Alkali-Persulfat ist.
24. Ätzlösung nach einem der Ansprüche 21 bis 23 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente B ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Halogenwasserstoffsäure und Komplexbildner.
25. Ätzlösung nach Anspruch 24 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente B Flußsäure ist.
26. Ätzlösung nach einem der Ansprüche 21 bis 25 dadurch gekennzeichnet, daß sie zusätzlich eine Komponente C enthält, die die Ätzgeschwindigkeit herabsetzt.
27. Ätzlösung nach Anspruch 25 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente C ein die Dielektrizität der Lösung herabsetzendes Mittel ist.
28. Ätzlösung nach Anspruch 27 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente C ein Alkohol oder Alkoholderivat ist.
29. Ätzlösung nach Anspruch 28 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente C ein mehrwertiger Alkohol oder eine Derivat eines mehrwertigen Alkohols ist.
30. Ätzlösung nach Anspruch 27 dadurch gekennzeichnet, daß die Komponente C Glykol, Glycerin

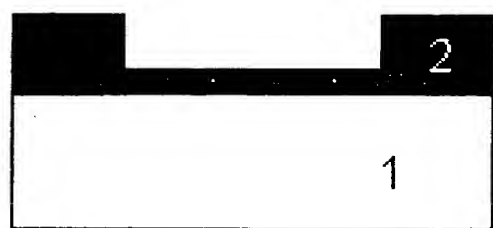


Fig. 1a

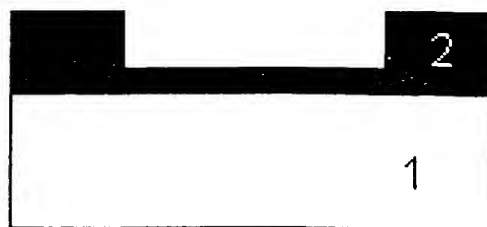


Fig. 2a

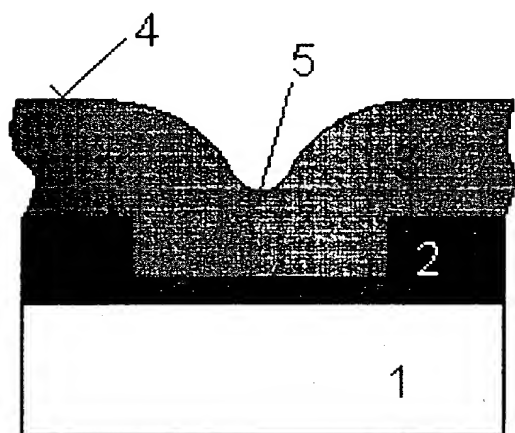


Fig. 1b

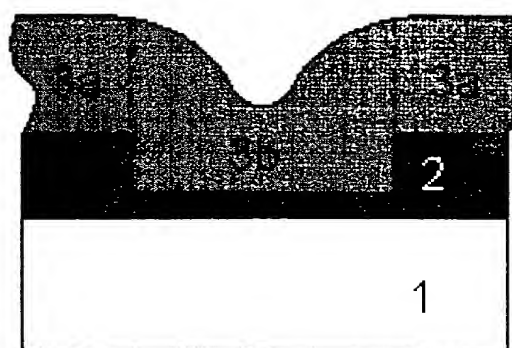


Fig. 2b

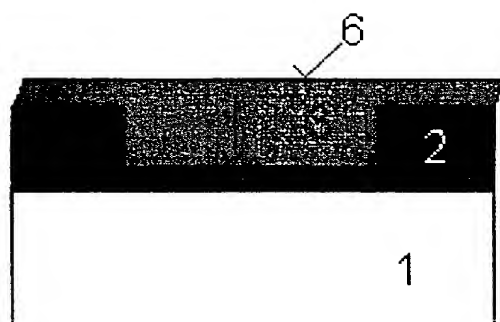


Fig. 1c

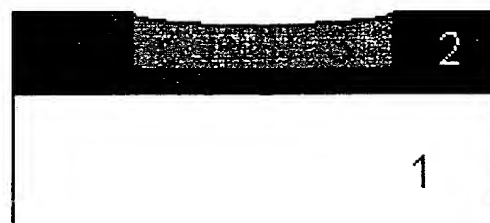


Fig. 2c



Fig. 1d

1μm



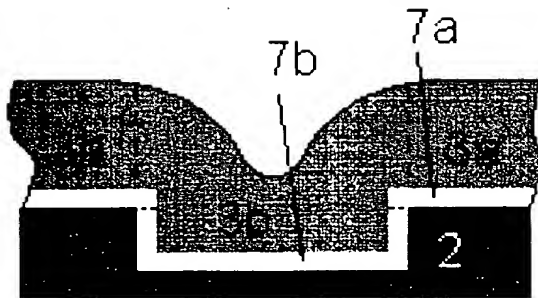


Fig. 3a

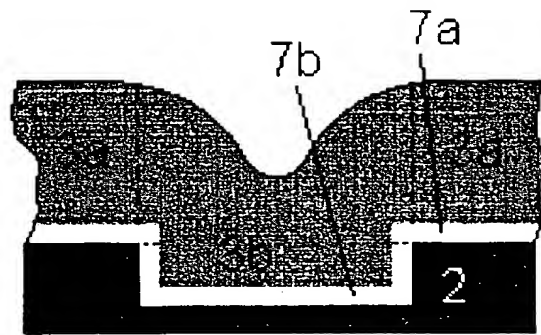


Fig. 4a

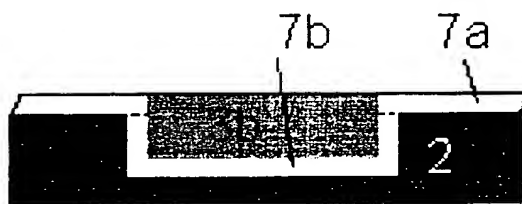


Fig. 3b

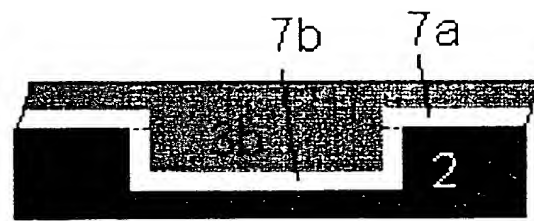


Fig. 4b

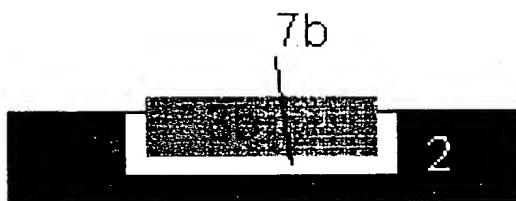


Fig. 3c

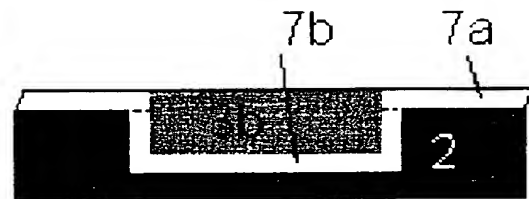


Fig. 4c

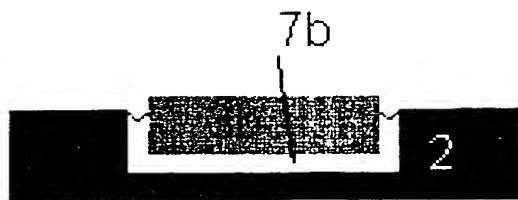


Fig. 3d

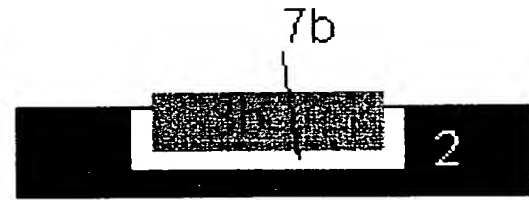


Fig. 4d

1μm